

(11)Publication number : 2000-078111
(43)Date of publication of application : 14.03.2000

H04J 13/04
H04B 1/10
H04B 7/08
// H04L 27/22

(71)Applicant : FUJITSU LTD
(72)Inventor : DATEKI TAKASHI
SHIMIZU MASAHIKO
MATSUYAMA KOJI
ASANO MASAHIKO
HAMADA HAJIME

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項1】 パイロット信号とデータ信号とを有するCDMA通信用の受信信号の同期検波のために、レイク合成用の複数のフィンガにおいて、それぞれ、複数のパイロット信号から該データ信号のチャンネル情報についての推定値を求めるチャンネル推定装置であって、該複数のパイロット信号にそれぞれ所定の重み付け係数を乗算して各パイロット信号を加算することにより、該チャンネル情報についてのチャンネル推定値を生成するチャンネル推定値生成部と、

該複数のパイロット信号間の相関と、該複数のパイロット信号と求めるべきチャンネル情報の推定値との相関とに基づいて、該チャンネル推定値生成部における該重み付け係数を制御する重み付け係数制御部とをそなえていることを特徴とする、CDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項2】 該重み付け係数制御部が、該パイロット信号間の相関値から成る相関行列の逆行列と、該パイロット信号と求めるべきチャンネル情報の推定値との相関値からなる相関ベクトルとの積を演算することにより、該重み付け係数を決定するように構成されていることを特徴とする、請求項1記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項3】 自己の移動速度を検出する移動速度検出部をそなえるとともに、該重み付け係数制御部が、該パイロット信号間の相関を該移動速度検出部で検出された該移動速度から求めるように構成されていることを特徴とする、請求項1記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項4】 該チャンネル推定値生成部で生成された該チャンネル推定値に基づいて該データ信号の仮判定を行なう仮判定部をそなえるとともに、該重み付け係数制御部が、該仮判定部で仮判定を行なったデータ信号間の相関を考慮して該相関を求めるように構成されていることを特徴とする、請求項1記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項5】 該チャンネル推定値生成部が、該仮判定部で仮判定を行なったデータ信号も該チャンネル推定値の生成に使用するよう構成されていることを特徴とする、請求項4記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項6】 上記の各フィンガに共通で該相関を求めて平均化する共通相関生成部が設けられるとともに、該重み付け係数制御部が、該共通相関生成部で平均化された該相関に基づいて該チャンネル推定値生成部における該重み付け係数を制御するように構成されていることを特徴とする、請求項1記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項7】 該受信信号に基づいて信号対干渉・雑音電力比を推定して求める信号対干渉・雑音電力比推定部をそなえるとともに、

該重み付け係数制御部が、

該信号対干渉・雑音電力比推定部で求められた該信号対干渉・雑音電力比に基づいて該パイロット信号間の相関に含まれる干渉・雑音成分を除去するように構成されていることを特徴とする、請求項1～6のいずれか1項に記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項8】 パイロット信号とデータ信号とを有するCDMA通信用の受信信号の同期検波のために、レイク合成用の複数のフィンガにおいて、それぞれ、複数のパイロット信号から該データ信号のチャンネル情報についての推定値を求めるチャンネル推定装置であって、該複数のパイロット信号にそれぞれ所定の重み付け係数を乗算して各パイロット信号を加算することにより、該チャンネル情報についてのチャンネル推定値を生成するチャンネル推定値生成部と、

該複数のパイロット信号と求めるべきチャンネル情報の推定値との相関値に基づいて、該チャンネル推定値生成部でのチャンネル推定値の生成に使用するパイロット信号数を制御するパイロット信号数制御部とをそなえていることを特徴とする、CDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項9】 該パイロット信号数制御部が、該相関値が所定値以上となるパイロット信号のみを該チャンネル推定値生成部でのチャンネル推定値の生成に使用するよう構成されていることを特徴とする、請求項8記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項10】 該受信信号に基づいて信号対干渉・雑音電力比を推定して求める信号対干渉・雑音電力比推定部をそなえるとともに、

該パイロット信号数制御部が、

該信号対干渉・雑音電力比推定部で求められた該信号対干渉・雑音電力比に基づいて該パイロット信号間の相関に含まれる干渉・雑音成分を除去するように構成されていることを特徴とする、請求項8又は請求項9に記載のCDMA同期検波用チャンネル推定装置。

【請求項11】 パイロット信号とデータ信号とを有するCDMA通信用の受信信号の同期検波のために、レイク合成用の複数のフィンガにおいて、それぞれ、複数のパイロット信号から該データ信号のチャンネル情報についての推定値を求めるチャンネル推定装置であって、該複数のパイロット信号のうちの一部のパイロット信号の或る瞬間の複素共役信号を生成する複素共役信号生成部と、

該複素共役信号と該一部のパイロット信号以外の他のパイロット信号との積をとることにより該複素共役信号と該他のパイロット信号との相関値を演算する相関値演算部と、

該相関値演算部で得られた該相関値を該他のパイロット

信号の重み付け係数として乗算する重み付け乗算部と、該一部のパイロット信号と該重み付け乗算部により該重み付け係数を乗算された該他のパイロット信号とを加算することにより、該チャネル情報についてのチャネル推定値を生成する加算部とをそなえていることを特徴とする、CDMA同期検波用チャネル推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(目次)

発明の属する技術分野

従来の技術(図13~図16)

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

発明の実施の形態

(A) 第1実施形態の説明(図1~図9)

(B) 第2実施形態の説明(図10, 図11)

(C) 第3実施形態の説明(図12)

(D) その他

発明の効果

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、パイロット信号を用いたCDMA(Code Division Multiple Access)通信用の受信信号の同期検波のためにチャネル推定を行なうCDMA同期検波用チャネル推定装置に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、次世代の移動体通信システムにおける有力なアクセス方式として、CDMA〔特に、直接拡散CDMA(DS-CDMA)〕方式の研究・開発が盛んに行なわれている。ここで、DS-CDMA方式では、周知のように、同一周波数帯域で通信を行なう他ユーザ干渉によって通信容量やユーザ収容数が制限されるため、受信信号に対して高効率の同期検波〔チャネル推定、レイク(RAKE)復調〕を行なえることが要求される。

【0004】図13はDS-CDMA用の移動局における受信系(同期検波部分)に着目した構成の一例を示すブロック図で、この図13に示す受信系100は、復調部101と、逆拡散部102-1~102-n(nは自然数)、チャネル推定部103-1~103-n、複素共役部104-1~104-n及び乗算器105-1~105-nを有するフィンガ100-1~100-nと、RAKE合成部106と信号処理部107とをそなえて構成されている。

【0005】ここで、復調部101は、受信信号をQPSK等の所要の復調方式で復調するものであり、各フィンガ100-i(ただし、 $i=1\sim n$)における逆拡散部102-iは、それぞれ異なる伝搬環境(経路)(マルチパス)の受信信号のそれぞれに対して個別に逆拡散処理を施すことにより受信信号に含まれるマルチパスの信号成分を分離するものである。

【0006】また、各フィンガ100-iのチャネル推定部103-iは、それぞれ、上記の逆拡散部102-iによる逆拡散後の信号(マルチパスの信号成分:以下、逆拡散信号という)を基にマルチパス毎のチャネル推定を行なうもので、このチャネル推定は、通常、例えば図15に示すように、受信信号(データ信号)に一定周期(スロット単位)で挿入されているパイロット信号(以下、単に「パイロット」ということがある)等の既知のデータを複数分、重み付け平均化することによって行なわれる。

【0007】このため、チャネル推定部(CDMA同期検波用チャネル推定装置)103-iは、それぞれ、例えば図14に示すように、スイッチ2、遅延素子

(T_s)3、加算器4、遅延素子(T_{slot})5、乗算器6及び加算部7をそなえて構成される。ここで、スイッチ2は、逆拡散信号がパイロットのときにだけ、パイロットタイミングを知っているサーチャ等によってON制御されるものであり、遅延素子3は、入力パイロットを1シンボル分だけ遅延するものであり、加算器4は、入力パイロットに1シンボル前のパイロットを順次加算することで複数分のパイロットを平均化するものであり、遅延素子5は、入力パイロットを1スロット分だけ遅延するものである。

【0008】また、乗算器6は、上記の遅延素子5によって得られた複数のパイロットにそれぞれ所定の重み付け係数 w_j (この図14では $j=0\sim 3$)を乗算するものであり、加算部7は、上記の乗算器6でそれぞれ重み付け係数 w_j を乗算された各パイロット信号を加算して平均化することでチャネル推定値を生成するものである。

【0009】つまり、上記の遅延素子5、乗算器6及び加算部7から成る部分は、複数のパイロットにそれぞれ所定の重み付け係数を乗算して各パイロットを加算することにより、データ信号のチャネル情報についてのチャネル推定値を生成するチャネル推定値生成部11としての機能を果たすようになっている。このような構成により、チャネル推定部103-iでは、逆拡散信号の各スロットのパイロット(パイロットブロック)を遅延素子112及び加算器113によってシンボル単位に平均化したのち、チャネル推定値生成部11において、遅延素子114によって1スロットずつ遅延し、得られた複数のパイロットにそれぞれ所定の重み付け係数 w_j を各乗算器115にて乗算し、加算部116にて加算することにより、チャネル推定値(複素振幅信号)を生成する。

【0010】次に、図13に示す各フィンガ100-iにおいて、複素共役部104-iは、それぞれ、上述のごとくチャネル推定部103-iで得られたチャネル推定値の複素共役をとってチャネル推定値の複素共役信号を生成するものであり、乗算器105-iは、それぞれ、複素共役部104-iで得られた複素共役信号と逆

拡散部102-iからの逆拡散信号(ただし、データ信号)とを乗算することによりデータ信号を検波して、そのチャネル情報(位相回転量)をチャネル推定結果に応じて補正するものである。

【0011】そして、RAKE合成部106は、上述のごとく検波されたデータ信号をRAKE合成して平均化するものであり、信号処理部107は、このRAKE合成部106で得られたデータ信号に対して、デインターリーブ処理やビタビ復号処理等の所要の信号処理を施すことによって、信号の再生処理を行なうものである。なお、再生した信号(データ)は移動局のスピーカやディスプレイ等に、適宜、出力される。

【0012】このような構成により、上記のDS-CDMA用の受信系100では、各フィンガ100-iにおいて、チャネル推定部103-iによって、受信信号のマルチパス毎にチャネル推定を行ない、その推定結果に基づいて、複素共役信号生成部104-i及び乗算器105-iによって、受信信号のチャネル情報の補正をマルチパス毎に行なってから各フィンガ100-iからの受信信号をRAKE合成部106にてRAKE合成して平均化することによって、効率の良い同期検波を行なうことができる。

【0013】ところで、移動通信環境ではマルチパスフェージングの影響を受けるので、携帯電話等の移動局が高速移動するような状況においても安定した通信を行なうためには、高速なフェージング変動に追従(適応)できるチャネル推定を行なうことが必要である。しかしながら、上述した受信系100(チャネル推定部103-i)では、各フィンガ100-iでのチャネル推定に用いる重み付け係数 w_j やパイロット数がフェージングの変動に関わらず一定(固定)であるため、最適なチャネル推定を行なえていない。このため、移動通信環境では、信号品質が劣化してしまう可能性が非常に高い。

【0014】そこで、例えば「社団法人 電子情報通信学会」発行の信学技法(TECHNICAL REPORT OF IEICE, SS E98-20, RCS98-20(1998-04))のp67-p74(以下、公知文献という)に記載されているような、フェージング変動の速さに応じてチャネル推定時の重み係数を適応的に制御する技術が提案されている。具体的に、この公知文献の技術では、例えば図16に示すように、重み付け平均化して求めたチャネル推定ベクトル $\hat{\epsilon}_l(n)$ と各パイロットのチャネル推定ベクトル $\hat{\epsilon}_l'(n+i)$ との内積を求めることにより、重み付け平均化して求めたチャネル推定値(求めるべきチャネル情報の推定値)と各パイロットのチャネル推定値との相関値を求めて、その実数部を各パイロットの重み付け係数としている(或るスロットまでに計算された相関値の実数部を次のスロットの重み係数として用いる)。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このよ

うな公知文献による技術でも、重み付け平均化して求めたチャネル推定値と各パイロットのチャネル推定値との相関値にしか基づいて重み付け係数を制御していない

(各パイロット間の相関を考慮していない)ので、特に、移動通信環境では、十分な精度のチャネル推定を行なえているとは言い難い。

【0016】また、各フィンガでのチャネル推定時に用いるパイロット数を積極的に制御することについては何ら示唆するところが無いので、この点からも、十分な精度のチャネル推定は行なえていないと考えられる。本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、求めるべきチャネル情報の推定値と各パイロットとの相関だけでなく、各パイロット間の相関にも基づいてチャネル推定時の重み付け係数を制御することにより、より高精度なチャネル推定を行なえるようにした、CDMA同期検波用チャネル推定装置を提供することを目的とする。

【0017】また、チャネル推定時に用いるパイロット数を積極的に制御することにより、より高精度なチャネル推定を行なえるようにしたり、或る瞬間のパイロットの複素共役信号と他のパイロットとの積を重み付け係数として用いることにより、高速なチャネル推定を行なえるようにした、CDMA同期検波用チャネル推定装置を提供することも目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】このため、本発明のCDMA同期検波用チャネル推定装置(請求項1)は、パイロット信号(以下、単に「パイロット」という)とデータ信号とを有するCDMA通信用の受信信号の同期検波のために、レイク合成用の複数のフィンガにおいて、それぞれ、複数のパイロットから上記データ信号のチャネル情報についての推定値を求めるものであって、上記の複数のパイロットにそれぞれ所定の重み付け係数を乗算して各パイロットを加算することにより、上記チャネル情報についてのチャネル推定値を生成するチャネル推定値生成部と、上記複数のパイロット間の相関と、上記複数のパイロットと求めるべきチャネル情報の推定値との相関とに基づいて、上記のチャネル推定値生成部における重み付け係数を制御する重み付け係数制御部とをそなえていることを特徴としている。

【0019】ここで、上記の重み付け係数制御部は、例えば、各パイロット間の相関値から成る相関行列の逆行列と、各パイロットと求めるべきチャネル情報の推定値との相関値からなる相関ベクトルとの積を演算することにより、上記の重み付け係数を決定するように構成するのがよい(請求項2)。また、本CDMA同期検波用チャネル推定装置(以下、単に「チャネル推定装置」という)は、自己の移動速度を検出する移動速度検出部をそなえ、上記の重み付け係数制御部が、上記の各パイロット間の相関をこの移動速度検出部で検出された移動速度から求めるように構成されていてもよい(請求項3)。

【0020】さらに、本チャネル推定装置は、上記のチャネル推定値生成部で生成されたチャネル推定値に基づいて上記データ信号の仮判定を行なう仮判定部をそなえるとともに、上記の重み付け係数制御部が、この仮判定部で仮判定を行なったデータ信号間の相関を考慮して上記の相関を求めるように構成されていてもよい（請求項4）。また、上記のチャネル推定値生成部は、上記の仮判定部で仮判定を行なったデータ信号もチャネル推定値の生成に使用するように構成されていてもよい（請求項5）。

【0021】さらに、本チャネル推定装置は、上記の各フィンガに共通で上記の相関を求めて平均化する共通相関生成部が設けられるとともに、上記の重み付け係数制御部が、この共通相関生成部で平均化された相関に基づいて上記のチャネル推定値生成部における重み付け係数を制御するように構成されていてもよい（請求項6）。

【0022】また、本チャネル推定装置も、上記の受信信号に基づいて信号対干渉・雑音電力比を推定して求める信号対干渉・雑音電力比推定部をそなえるとともに、上記の重み付け係数制御部が、この信号対干渉・雑音電力比推定部で求められた信号対干渉・雑音電力比に基づいてパイロット間の相関に含まれる干渉・雑音成分を除去するように構成されていてもよい（請求項7）。

【0023】次に、本発明のチャネル推定装置（請求項8）は、複数のパイロットにそれぞれ所定の重み付け係数を乗算して各パイロットを加算することにより、チャネル情報についてのチャネル推定値を生成するチャネル推定値生成部と、複数のパイロットと求めるべきチャネル情報の推定値との相関値に基づいて、上記のチャネル推定値生成部でのチャネル推定値の生成に使用するパイロット数を制御するパイロット数制御部とをそなえていることを特徴としている。

【0024】ここで、上記のパイロット数制御部は、例えば、上記の相関値が所定値以上となるパイロットのみをチャネル推定値生成部でのチャネル推定値の生成に使用するように構成するのがよい（請求項9）。また、本チャネル推定装置は、上記の受信信号に基づいて信号対干渉・雑音電力比を推定して求める信号対干渉・雑音電力比推定部をそなえ、上記のパイロット数制御部が、この信号対干渉・雑音電力比推定部で求められた信号対干渉・雑音電力比に基づいてパイロット間の相関に含まれる干渉・雑音成分を除去するように構成されていてもよい（請求項10）。

【0025】さらに、本発明のチャネル推定装置（請求項11）は、複数のパイロットのうちの一部のパイロットの或る瞬間の複素共役信号を生成する複素共役信号生成部と、この複素共役信号と一部のパイロット以外の他のパイロットとの積をとることにより複素共役信号と他のパイロットとの相関値を演算する相関値演算部と、この相関値演算部で得られた相関値を他のパイロットの重

み付け係数として乗算する重み付け乗算部と、上記の一部のパイロットとこの重み付け乗算部により重み付け係数を乗算された他のパイロットとを加算することにより、チャネル情報についてのチャネル推定値を生成する加算部とをそなえていることを特徴としている。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

（A）第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態としてのCDMA同期検波用チャネル推定装置の構成を示すブロック図で、この図1に示すチャネル推定装置1も、図13により前述したチャネル推定部103-iと同様に各フィンガ100-iに適用されて、パイロット信号とデータ信号とを有するCDMA通信用の受信信号の同期検波のために、各フィンガ100-iにおいて、それぞれ、複数のパイロット信号からデータ信号のチャネル情報についての推定値を求めるものであるが、本実施形態では、図13に示すものに比して、相関推定部8、SIR推定部9及び重み付け決定部10をそなえている点が異なる。なお、この図1において、図13中に示す符号と同一符号を付したものはそれぞれ図13により前述したものと同様のものである。

【0027】ここで、相関推定部8は、遅延素子3及び加算器4によってシンボル毎に平均化された後のパイロット信号（以下、単に「パイロットという」）からパイロット間もしくはパイロットブロック（複数のパイロットから成るブロック：図15の斜線部参照）間の相関値（以下、相関データということもある）を求めるものであり、SIR推定部9は、受信信号（逆拡散信号）から信号対干渉・雑音電力比（SIR：Signal to Interference and noise power Ratio）を推定して求めるものである。

【0028】そして、重み付け決定部（重み付け係数制御部）10は、相関推定部8で得られたパイロット間の相関とSIR推定部9で得られたSIRとに基づいて、チャネル推定値生成部11の各乗算器6で各パイロットに乘算する重み付け係数 w_j の最適値を算出・決定して、各重み付け係数 w_j を制御するものである。ここで、重み付け係数 w_j の決定アルゴリズムについて説明する。

【0029】まず、各パイロット（又はパイロットブロック）のチャネル推定値を、
$$v_m(k) = \alpha_m(k) + n_m(k) \quad \dots (1)$$
と表す。ただし、 m はパイロット（又はパイロットブロック）の番号、 k はフィンガ（又はダイバーシチ）の番号（ $=i$ ）、 $\alpha_m(k)$ はチャネルの複素振幅、 $n_m(k)$ は雑音・干渉成分を表す。

【0030】従って、複数のパイロット又はパイロットブロック（以下、単に「パイロット」という場合は「パ

イロットブロック」の場合も含むものとする)を用いたチャンネル推定値 $v^{(k)}$ は、

$$v^{(k)} = \sum w_m^{(k)} v_m^{(k)} \quad \dots (2)$$

と表すことができる。ただし、 \sum は m についての総和を表し、 $w_m^{(k)}$ は重み付け係数である。この式(2)で求めたチャンネル推定値 $v^{(k)}$ と実際のチャンネルの複素振幅

$$\begin{aligned} \partial \sigma^2 / \partial w_{m0}^{(k)} &= \sum w_m^{(k)} \text{Real} [\langle v_m^{(k)*} v_{m0}^{(k)} \rangle] \\ &\quad - \text{Real} [\langle v_r^{(k)*} v_{m0}^{(k)} \rangle] = 0 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

を満足すればよい。ただし、 $\text{Real} [\]$ は実数部をとることを表し、 $\langle \rangle$ は平均操作を表し、 $*$ は複素共役を表す。従って、重み付け係数ベクトル $w^{(k)}$ は、

$$w^{(k)} = R^{(k)-1} r_0^{(k)} \quad \dots (5)$$

として求めることができる。ただし、この式(5)において $R^{(k)-1}$ は相関行列 $R^{(k)}$ の逆行列、 $r_0^{(k)}$ は相

$$R^{(k)} =$$

$$\begin{pmatrix} r_0^{(k)} + \sigma^{(k)2} & r_1^{(k)} & r_2^{(k)} & r_3^{(k)} \\ r_1^{(k)} & r_0^{(k)} + \sigma^{(k)2} & r_1^{(k)} & r_2^{(k)} \\ r_2^{(k)} & r_1^{(k)} & r_0^{(k)} + \sigma^{(k)2} & r_1^{(k)} \\ r_3^{(k)} & r_2^{(k)} & r_1^{(k)} & r_0^{(k)} + \sigma^{(k)2} \end{pmatrix}$$

【0032】となり、各要素は、雑音の平均電力 $\sigma^{(k)2}$ と、 $r_p^{(k)} = \langle \text{Real} [\alpha_{m+p}^{(k)*} \alpha_m^{(k)}] \rangle$ (ただし、 p は整数)とにより表すことができる。なお、雑音の平均電力 $\sigma^{(k)2}$ は、SIR推定部9により求められるSIRを基に除去することができる。一方、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ の要素は、上記の各パイロットのチャンネル推定値 $v_m^{(k)}$ と実際のチャンネルの複素振幅 $v_r^{(k)}$ との相関値である。ただし、この $v_r^{(k)}$ は既知のデータでないので各パイロットの相関値から推定することにより(もしくは、後述するデータ信号についての仮判定結果を用いる等して)求める。

【0033】例えば、同じパイロット同士の相関値を r_0 、そのパイロットと1スロット離れたパイロットとの相関値を r_1 とすると、これらの各パイロット間に挟まれたデータ信号の中心の実際のチャンネル(検波データ)の相関値 r_{01} は、 $r_{01} = (r_0 + r_1) / 2$ と推定することができる。ただし、このとき、 r_0 、 r_1 はSIR推定部9により求められたSIRに基づいて雑音・干渉成分の平均電力 $\sigma^{(k)2}$ が除去された値を用いるものとする。

【0034】つまり、重み付け決定部10は、例えば図2に示すように、相関推定部8で求められるパイロット間の相関データを基に各パイロット間の相関値から成る相関行列 $R^{(k)}$ を生成し(ステップS1)、上記の各パ

$v_r^{(k)}$ との差の自乗平均が最も小さくなるように重み付け係数を決める。ここで、上記の自乗平均を、 $2\sigma^2 = \langle |v^{(k)} - v_r^{(k)}|^2 \rangle \quad \dots (3)$

とすると、この式(3)は2次関数であるので、重み付け係数 $w_m^{(k)}$ についての微分値が0、即ち、

$$\begin{aligned} \partial \sigma^2 / \partial w_{m0}^{(k)} &= \sum w_m^{(k)} \text{Real} [\langle v_m^{(k)*} v_{m0}^{(k)} \rangle] \\ &\quad - \text{Real} [\langle v_r^{(k)*} v_{m0}^{(k)} \rangle] = 0 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

関ベクトルを表す。相関行列 $R^{(k)}$ は、パイロット間の相関から成り、例えば4行4列の場合(図1に示すように4つのパイロット(ブロック)からチャンネル推定値を求める場合)、

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{数} & 1 \end{bmatrix}$$

... (6)

イロット間の相関データ及びSIR推定部9で求められるSIRを基に各パイロットと求めるべきチャンネルの推定値との相関値から成る相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を生成し

(ステップS2)、上記の式(5)に示すように相関行列 $R^{(k)}$ の逆行列 $R^{(k)-1}$ と相関ベクトル $r_0^{(k)}$ との積を演算することにより、重み付け係数 w_j (重み付け係数ベクトル $w^{(k)}$) を求める(ステップS3)。

【0035】このように、本実施形態のチャンネル推定装置1によれば、各パイロット間の相関(相関行列 $R^{(k)}$)と、各パイロットと求めるべきチャンネルの推定値との相関(相関ベクトル $r_0^{(k)}$)とに基づいて、上記の式(5)に示す演算を行なうことにより、チャンネル推定値 $v^{(k)}$ と実際のチャンネルの複素振幅 $v_r^{(k)}$ との差の自乗平均が最も小さくなる重み付け係数 w_j を決定して制御するので、各フィンガ100-i毎に、常にフェージング変動に適應した最適な重み付け係数 w_j を与えることができ、通信品質の改善または伝送容量の増加が可能となる。

【0036】特に、本実施形態では、重み付け決定部10が、SIR推定部9により求められたSIRを基に相関行列 $R^{(k)}$ の要素に含まれる雑音・干渉成分を除去した上で、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を推定して求めるようになっているので、より高精度な重み付け係数 w_j の決定を実現することができている。なお、上記の相関ベクトル

$r_0^{(k)}$ は、前記の公知文献に記載の技術を用いて求めることも可能である。

【0037】(A1) 第1実施形態の第1変形例の説明図3は上述したチャネル推定装置1の第1変形例を示すブロック図であるが、この図3に示すチャネル推定装置1は、図1に示すものに比して、自己(つまり、移動

$$r(t_{q,r}) = J_0 [2\pi f_c (v/c) t_{q,r}] \cdots (7)$$

として求めるようになっている。ただし、この式(7)において、 $t_{q,r}$ はパイロット間の時間差、 $J_0()$ は0次のベッセル関数、 f_c はRFキャリア周波数、 c は光速を表す。

【0038】これにより、重み付け決定部10は、図1により上述したチャネル推定装置1と同様に、相関推定部8において移動速度 v から求められた相関データ $r(t_{i,j})$ を基に相関行列 $R^{(k)}$ 、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を求めることができる。つまり、本変形例の重み付け決定部10は、図4に示すように、相関推定部8において移動速度 v から求められた相関データ $r(t_{i,j})$ とSIR推定部9で求められたSIRとから相関行列 $R^{(k)}$ 、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を求め(ステップS4)、前記の式(5)を演算することで、重み付け係数 w_j を決定する(ステップS5)。

【0039】ただし、この場合、CDMA用の移動局では、TPC(Transmitter Power Control)と呼ばれる受信パワーに応じた送信パワーの制御が行なわれているが、上述したように移動速度 v から相関データ $r(t_{i,j})$ を求めると、算出した重み付け係数 w_j がこのTPCを考慮していない値となるので、TPCに応じた重み付け係数 w_j の補正を行なう必要がある(ステップS6)。

【0040】このように、本変形例のチャネル推定装置1(重み付け決定部10)によれば、各パイロット間の相関を移動速度検出部12で検出された移動速度 v から求めるので、実際の移動局の移動速度 v によるフェージング変動に応じた重み付け係数 w_j の決定・制御を行なう、より精度の高いチャネル推定を行なうことができる。

【0041】(A2) 第1実施形態の第2変形例の説明図5は図1により上述したチャネル推定装置1の第2変形例を示すブロック図であるが、この図5に示すチャネル推定装置1は、図1に示すものに比して、スイッチ2に代えてスイッチ2'が設けられるとともに、仮判定部13が設けられている点が異なる。

【0042】ここで、スイッチ2'は、逆拡散信号がパイロットのときはそのパイロットを加算器4側へ出力する一方、逆拡散信号がデータ信号のときはそのデータ信号を仮判定部13側へ出力するよう切り替えるものであり、仮判定部13は、チャネル推定値生成部11(加算部7)で生成されたチャネル推定値に基づいてデータ信号の仮判定を行なうもので、その仮判定結果は相関推定

局)の移動速度を検出する移動速度検出部12をそなえている点が異なり、本実施形態では、相関推定部8が、この移動速度検出部12で検出された移動速度 v からレイリーフェージングの最大ドップラー周波数を求め、パイロット間の相関データ $r(t_{q,r})$ を、

部8での各パイロット間の相関データの生成に利用されるようになっている。

【0043】つまり、本第2変形例では、或るフェージング環境で、信号間の相関値は信号間の間隔で決まることから、各パイロット間の相関データを求めるのに、パイロットに加えてデータ信号も利用するようになっているのである。これにより、重み付け決定部10は、仮判定部13で仮判定を行なったデータ信号間の相関も考慮して相関行列 $R^{(k)}$ 、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を求めることができる。

【0044】即ち、重み付け決定部10は、例えば図6に示すように、パイロット間及び仮判定部13で仮判定されたデータ信号(以下、仮判定信号という)間の相関データから相関行列 $R^{(k)}$ を生成する。ただし、このとき、雑音・干渉分の相関が現れてくる成分は、雑音・干渉分の平均電力をそろえるため、パイロットブロック内で最初に平均化したシンボル数と同数のシンボル数だけ、仮判定信号についても最初に平均化する(ステップS7)。

【0045】以降は、図2により前述したアルゴリズムと同様にして、SIR推定部9で求められたSIRを基に相関行列 $R^{(k)}$ の要素の含まれる雑音・干渉成分を除去した上で、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を求め(ステップS8)、これらの相関行列 $R^{(k)}$ 及び相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を用いて、式(5)による演算を実施して重み付け係数 w_j を求める(ステップS9)。

【0046】このように、本第2変形例のチャネル推定装置1(重み付け決定部10)によれば、パイロットだけでなくデータ信号部分も重み付け係数 w_j の決定時の材料とするので、より精度の良いチャネル推定値を生成することができる。

(A3) 第1実施形態の第3変形例の説明

図7は図1により前述したチャネル推定装置1の第3変形例を示すブロック図であるが、この図7に示すチャネル推定装置1は、図1に示すものに比して、第2変形例にて上述したものと同様のスイッチ2'及び仮判定部13が設けられるとともに、遅延素子5及び乗算器6に代えて遅延素子5'及び乗算器6'が設けられ、且つ、仮判定部13の出力が遅延素子5'への信号線14に接続されている点が異なる。

【0047】ここで、各遅延素子5'は、それぞれ、入力パイロット又は仮判定部13で求めたいチャネル情報より前のデータ部分を仮判定した仮判定信号を1シンボ

ル分だけ遅延するものであり、乗算器6'は、それぞれ、これらの各遅延素子5'により1シンボル分ずつ遅延されることにより得られる複数のパイロット又は仮判定信号に所定の重み付け係数 w_j （図7では $j=0\sim k-1$ ： k は2以上の自然数）を乗算するものである。なお、他の構成要素は、それぞれ、図1により前述したものと同様のものである。

【0048】つまり、本変形例のチャネル推定装置1は、図5に示す構成において、チャネル推定値生成部11が、仮判定を行なったデータ信号もチャネル推定値の生成に使用するようにになっているのである。ただし、この場合、仮判定信号には誤りが生じている可能性があるため、重み付け決定部10は、仮判定信号に乗算する重み付け係数 w_j については例えばパイロットの重み付け係数 w_j よりも小さな値に補正する。

【0049】即ち、重み付け決定部10は、例えば図8に示すように、図6により前述したステップS7～S9と同様にして、パイロット間及び仮判定部13で仮判定されたデータ信号（以下、仮判定信号という）間の相関データを基に式（5）による演算を実施して重み付け係数 w_j を求めたのち（ステップS10～S12）、パイロットに対する重み付け係数 w_j を $a\%$ （ただし、 $0\leq a\leq 100$ ）した値を仮判定信号の重み付け係数 w_j とする（ステップS13）。

【0050】このように、本第3変形例のチャネル推定装置1によれば、チャネル推定値生成部11でのチャネル推定に、パイロットだけでなくデータ信号部分をも用いるので、さらに精度の良いチャネル推定値を得ることができる。

（A4）第1実施形態の第4変形例の説明

図9は図1により前述したチャネル推定装置1の第4変形例を示すブロック図であるが、この図9に示すチャネル推定装置1は、図1に示すものに比して、主として、相関推定部8が、各フィンガ100-iに共通で上記の相関データを求める相関推定部（共通相関生成部）8'として構成され、各フィンガ100-iのパイロットから相関データを求めて平均化するようにになっている点異なる。

【0051】なお、RAKE合成部106、各フィンガ100-iにおける逆拡散部102-i、乗算器105-iはそれぞれ図13により前述したものと同様のものであり、遅延調整部15は、チャネル推定装置1で得られたチャネル推定値と逆拡散部102-iからの逆拡散信号との遅延時間差を調整して一致させるものである。

【0052】つまり、本変形例のチャネル推定装置1は、レイリーフェージング環境下で、相関データは、フェージングの速度と時間間隔で決まるはずであり、RAKE合成を行なうフィンガ100-i（又はダイバーシチ）で等しくなるはずであることから、相関推定部8'において各フィンガ100-iにおけるパイロットから

相関データ（ただし、SIRは各フィンガ毎）を求めて平均化するようにになっているのである。なお、SIRは各フィンガ100-iで異なるので各フィンガ100-iのSIR推定部9によって各フィンガ100-i毎に求める。

【0053】これにより、重み付け決定部10では、相関推定部8'での平均化により精度の向上した相関データに基づいてチャネル推定値生成部11における重み付け係数 w_j を決定（制御）するので、高精度なチャネル推定を行なうことができる。なお、この際の、重み付け係数 w_j の決定アルゴリズムは、図2により前述したものと同様である。

【0054】（B）第2実施形態の説明

図10は本発明の第2実施形態としてのCDMA同期検波用チャネル推定装置の構成を示すブロック図であるが、この図10に示すチャネル推定装置1Aは、第1実施形態の図1に示すものに比して、重み付け決定部10に代えて重み付け決定部10Aが設けられている点異なる。なお、他の構成要素（図1に示す符号と同一符号を付したものはそれぞれ図1により前述したものと同様のものである）。

【0055】ここで、本第2実施形態の重み付け決定部（パイロット信号数制御部）10Aは、複数のパイロットと求めるべきチャネル情報の推定値との相関値（つまり、前記の相関ベクトル $r_0^{(k)}$ ）に基づいて、チャネル推定値生成部11でのチャネル推定値の生成に使用するパイロット数を制御するもので、ここでは、上記の相関値が所定値（基準値）以上となるパイロットのみをチャネル推定値生成部11でのチャネル推定値の生成に使用するようにしている。

【0056】これにより、重み付け決定部10Aでは、例えば図11に示すように、まず相関推定部8で求められるパイロット間の相関データとSIR推定部9で求められるSIRとに基づいて相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を求める（ステップS14）。ただし、この場合も、例えば、同じパイロット（又はパイロットブロック）同士の相関値を r_0 、そのパイロットと1スロット離れたパイロット（又はパイロットブロック）との相関値を r_1 としたときに、これらの各パイロット（又はパイロットブロック）間に挟まれたデータ信号の中心の実際のチャネル（検波データ）の相関値 r_{01} を、 $r_{01} = (r_0 + r_1) / 2$ と推定する。また、このとき、 r_0 、 r_1 はSIR推定部9により求められたSIRに基づいて雑音・干渉成分の平均電力 $\sigma^{(k)2}$ が除去された値を用いる。

【0057】そして、重み付け決定部10Aは、得られた相関ベクトル $r_0^{(k)}$ の要素のうち基準値よりも大きい要素のみ、つまり、相関の高いパイロットのみをチャネル推定に用いる（ステップS15）。例えば、基準値を「0.5」とした場合、「0.5」未満のパイロットについてはその重み付け係数 w_j を「0」とし、「0.

5」以上のパイロットについてはその重み付け係数 w_j 「1, 0」にすることが考えられる。

【0058】このように、本第2実施形態のチャンネル推定装置1Aによれば、複数のパイロットと求めるべきチャンネル情報の推定値との相関値に応じてチャンネル推定に用いるパイロット数を積極的に制御することにより、相関の高いパイロットのみをチャンネル推定に用いることができるので、精度の高いチャンネル推定を行なうことができる。特に、ここでは、第1実施形態にて前述した式

(5)の演算が必要ないので、高速なチャンネル推定を実現できる。

【0059】また、本実施形態でも、SIR推定部9により求められたSIRを基に相関行列 $R^{(k)}$ の要素に含まれる雑音・干渉成分を除去した上で、相関ベクトル $r_0^{(k)}$ を推定して求めるので、より高精度な重み付け係数 w_j の決定を実現することができている。なお、上述したようなパイロット数制御は、前述の第1実施形態及び第1実施形態の第1～第4変形例に適用することも可能である。

【0060】(C)第3実施形態の説明

図12は本発明の第3実施形態としてのCDMA同期検波用チャンネル推定装置の構成を示すブロック図であるが、この図12に示すチャンネル推定装置1Bは、第1実施形態の図1により前述したものとそれぞれ同様のスイッチ2、シンボル毎の遅延素子(T_g)3、加算器4及びスロット毎の遅延素子(T_{slot})5をそなえるほか、乗算器6A、6B、19A、19B、加算器16、平均部17及び複素共役部18などをそなえて構成されている。

【0061】ここで、上記の加算器16は、遅延素子(T_{slot})5により得られた或る瞬間の複数のパイロットのうちの一部のパイロット同士を加算するものであり、平均部17はこの加算器16で得られたパイロットを平均化するものであり、複素共役部18は、この平均部17で平均化されたパイロットの複素共役をとって複素共役信号を生成するものである。

【0062】つまり、これらの加算器16、平均部17及び複素共役部18から成る部分は、複数のパイロットのうちの一部のパイロットの或る瞬間の複素共役信号を生成する複素共役信号生成部20として機能するようになっている。また、乗算器(相関値演算部)19A、19Bは、それぞれ、複素共役部18で得られた複素共役信号と上記の一部のパイロット以外の他のパイロットとの積をとることにより上記の複素共役信号と他のパイロットとの相関値を演算するものであり、乗算器(重み付け乗算部)6A、6Bは、これらの乗算器19A、19Bで得られた相関値を上記の他のパイロット信号の重み付け係数として乗算するものである。

【0063】なお、加算部7は、上記の一部のパイロットと乗算器6A、6Bにより重み付け係数を乗算された

他のパイロットとを加算することにより、チャンネル推定値を生成するものである。このような構成により、本第3実施形態のチャンネル推定装置1Bでは、第1及び第2実施形態のように長時間観測した相関値の代わりに、或る瞬間のパイロット間の一方を平均化して複素共役することにより得られる値(相関値)を他方のパイロットの重み付けとして用いることができる。このように相関値として瞬時値を用いることにより、フェージング変動に高速に適応したチャンネル推定を行なうことができる。

【0064】(D)その他

なお、上述した第1及び第2実施形態では、いずれも、SIRを用いるようになっているが、SIRを用いなくても、上述したような重み付け決定制御(パイロット数制御)は実現可能である。また、SIRのみに基づいてチャンネル推定に用いるパイロット数を制御するようにしてもよい。例えば、雑音・干渉成分が大きい場合、チャンネル推定値は不正確な値となるが、雑音・干渉成分が小さい場合、少数シンボル(スロット)分のパイロットから求めた推定値でも正確な値となるので、雑音・干渉成分の量に応じてチャンネル推定に用いるパイロットのシンボル数(スロット数)を制御することも可能である。

【0065】さらに、このような制御を上記の各実施形態に組み合わせて適用することも可能である。そして、本発明は上述した実施形態及び各変形例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0066】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明のCDMA同期検波用チャンネル推定装置によれば、各パイロット信号間の相関と、各パイロット信号と求めるべきチャンネルの推定値との相関とに基づいて、チャンネル推定値と実際のチャンネルの複素振幅との差の自乗平均が最も小さくなる重み付け係数を決定して制御するので、各フィンガ毎に、常にフェージング変動に適応した最適な重み付け係数を与えることができ、通信品質の改善または伝送容量の増加が可能となる(請求項1～7)。

【0067】また、本発明のCDMA同期検波用チャンネル推定装置によれば、複数のパイロット信号と求めるべきチャンネル情報の推定値との相関値に応じてチャンネル推定に用いるパイロット数を積極的に制御することにより、相関の高いパイロットのみをチャンネル推定に用いることができるので、精度の高いチャンネル推定を高速に行なうことができる(請求項8～10)。

【0068】さらに、本発明のCDMA同期検波用チャンネル推定装置によれば、或る瞬間のパイロット間の一方を平均化して複素共役することにより得られる値(相関値)を他方のパイロットの重み付けとして用いるので、フェージング変動に高速に適応したチャンネル推定を行なうことができる(請求項11)。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態としてのCDMA同期検波用チャネル推定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態のチャネル推定装置の動作（重み付け決定アルゴリズム）を説明するためのフローチャートである。

【図3】第1実施形態のチャネル推定装置の第1変形例を示すブロック図である。

【図4】第1変形例のチャネル推定装置の動作（重み付け決定アルゴリズム）を説明するためのフローチャートである。

【図5】第1実施形態のチャネル推定装置の第2変形例を示すブロック図である。

【図6】第2変形例のチャネル推定装置の動作（重み付け決定アルゴリズム）を説明するためのフローチャートである。

【図7】第1実施形態のチャネル推定装置の第3変形例を示すブロック図である。

【図8】第3変形例のチャネル推定装置の動作（重み付け決定アルゴリズム）を説明するためのフローチャートである。

【図9】第1実施形態のチャネル推定装置の第4変形例を示すブロック図である。

【図10】本発明の第2実施形態としてのCDMA同期検波用チャネル推定装置の構成を示すブロック図である。

【図11】第2実施形態のチャネル推定装置の動作（パイロット数制御）を説明するためのフローチャートである。

【図12】本発明の第3実施形態としてのCDMA同期検波用チャネル推定装置の構成を示すブロック図である。

【図13】DS-CDMA用の移動局における受信系（同期検波部分）に着目した構成の一例を示すブロック

図である。

【図14】受信系におけるチャネル推定部の構成を示すブロック図である。

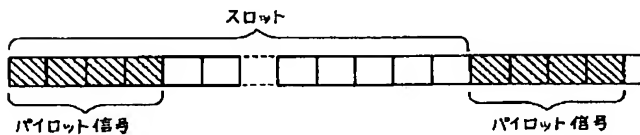
【図15】パイロット信号を用いた無線信号のデータ構成例を示す図である。

【図16】従来の重み付け制御を説明するための位相ベクトル図である。

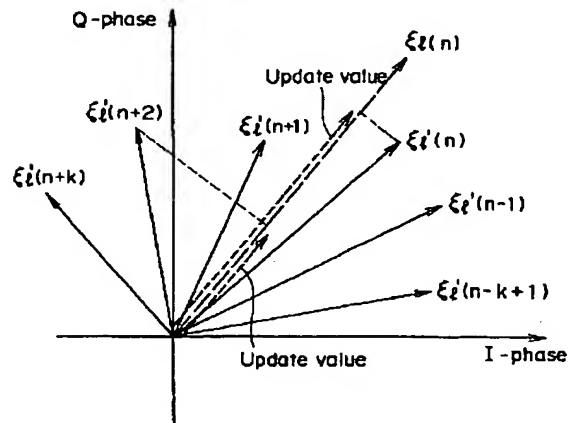
【符号の説明】

- 1, 1A, 1B CDMA同期検波用チャネル推定装置
- 2, 2' スイッチ
- 3 遅延素子 (T_s)
- 4, 16 加算器
- 5, 5' 遅延素子 (T_{slot})
- 6, 6', 105-1~105-n 乗算器
- 6A, 6B 乗算器（重み付け乗算部）
- 7 加算部
- 8 相関推定部
- 8' 相関推定部（共通相関生成部）
- 9 SIR推定部
- 10 重み付け決定部（重み付け係数制御部）
- 10A 重み付け決定部（パイロット信号数制御部）
- 11 チャネル推定値生成部
- 12 移動速度検出部
- 13 仮判定部
- 14 信号線
- 15 遅延調整部
- 17 平均部
- 18 複素共役部
- 19A, 19B 乗算器（相関値演算部）
- 20 複素共役信号生成部
- 100-1~100-n フィンガ
- 102-1~102-n 逆拡散部
- 106 RAKE合成部

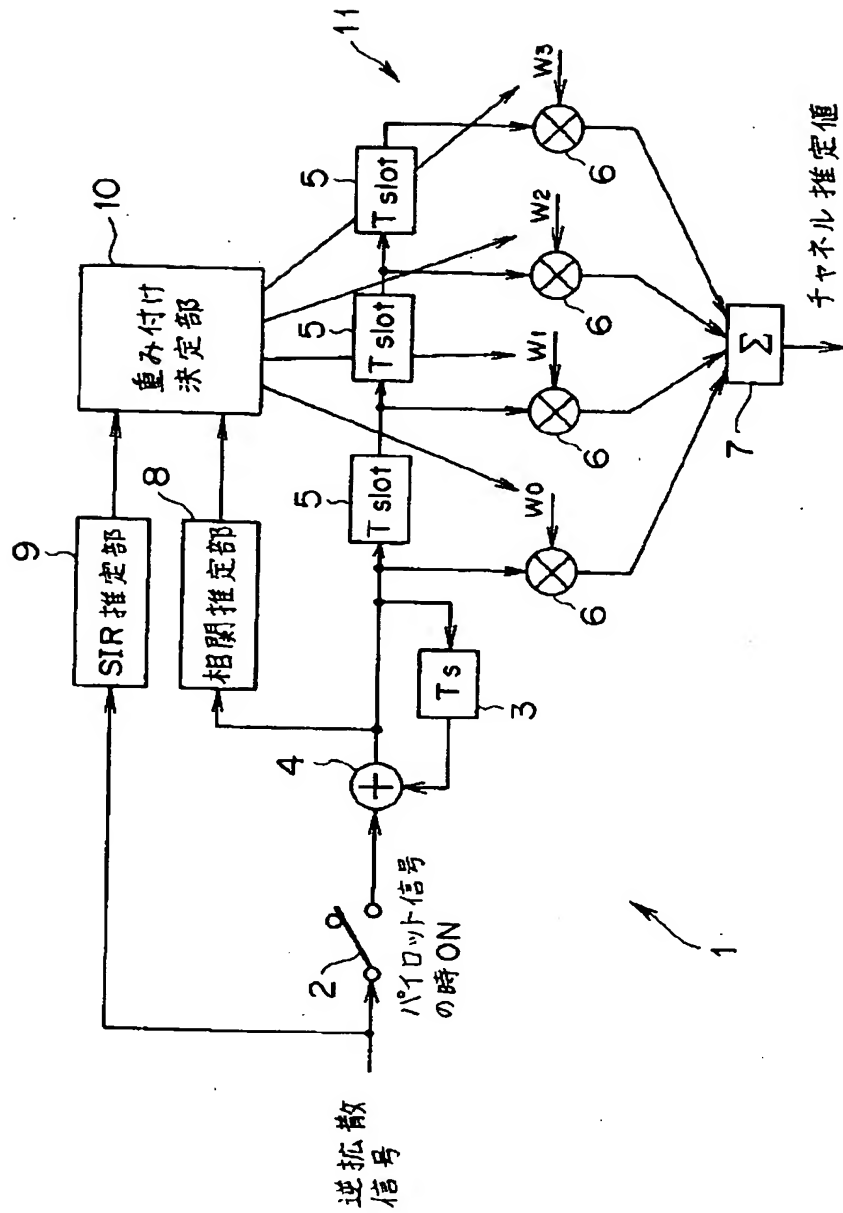
【図15】



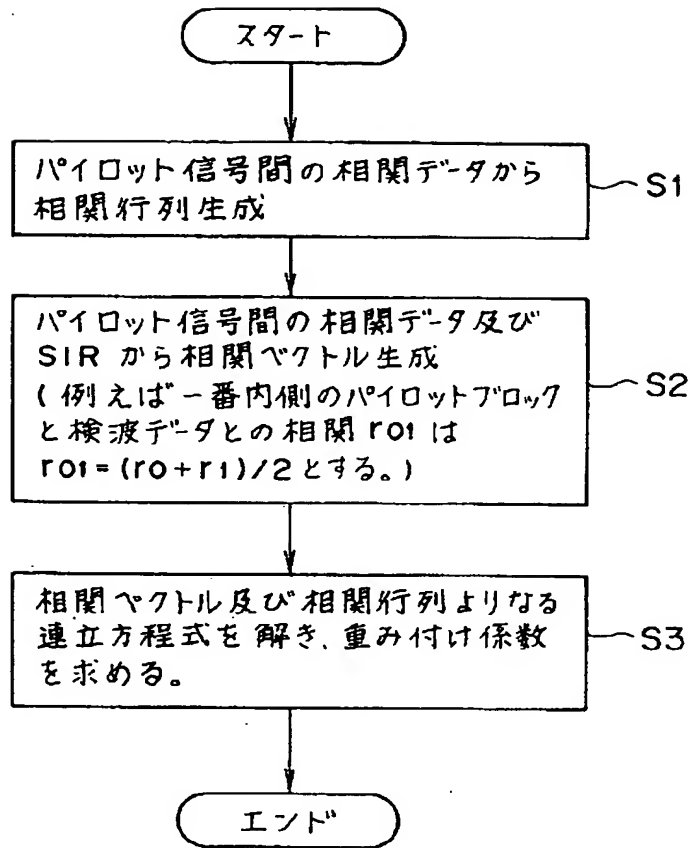
【図16】



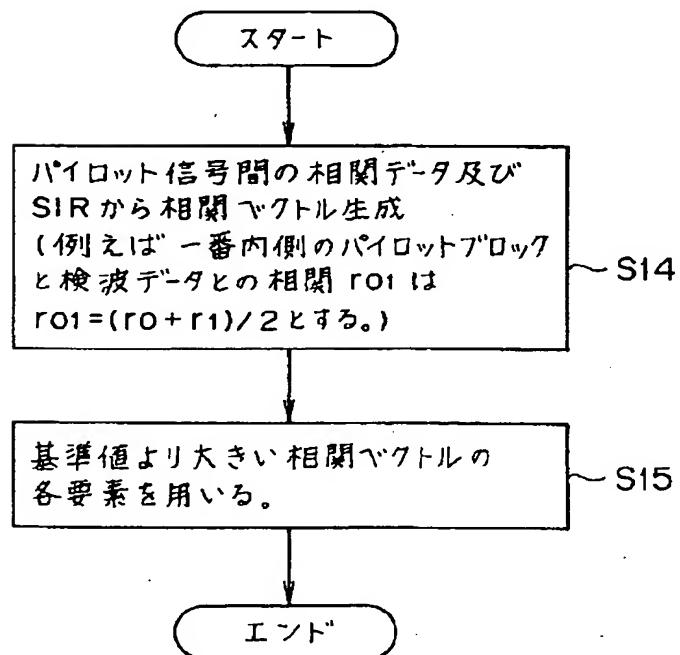
【図1】



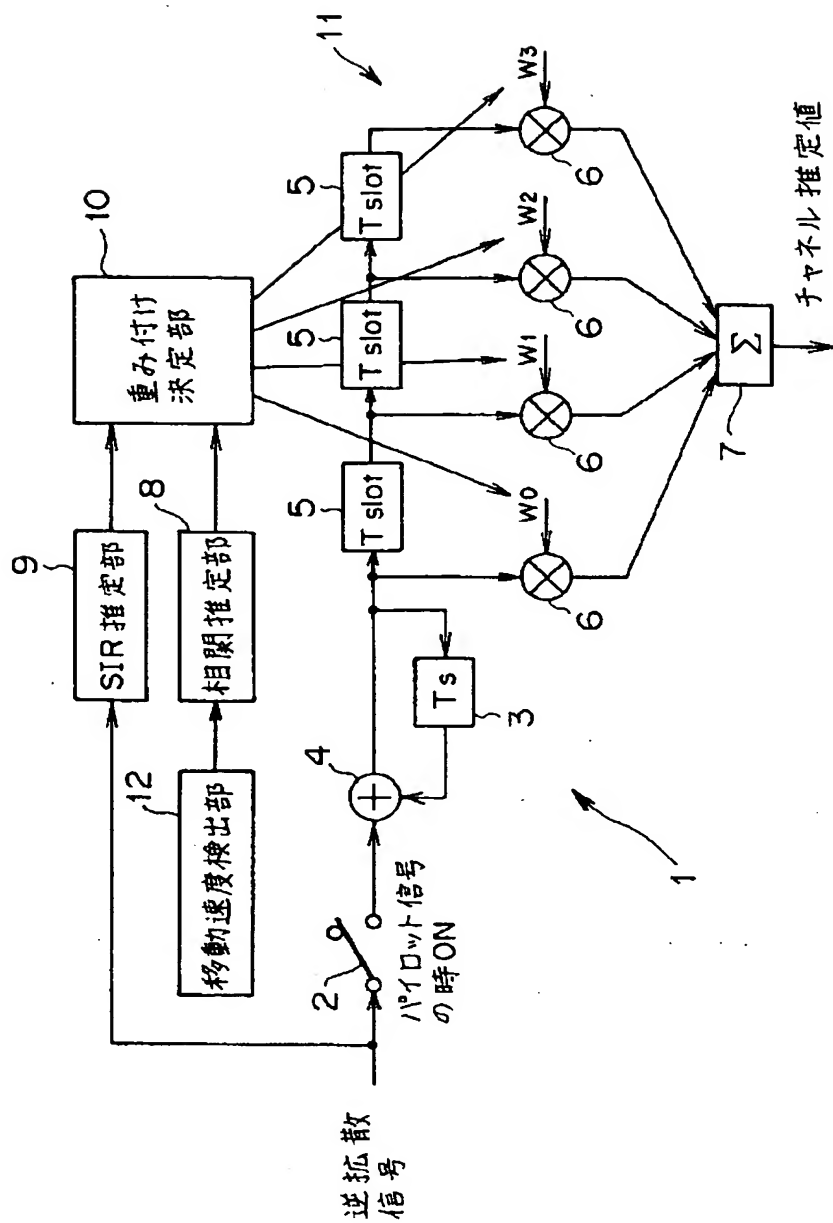
【図2】



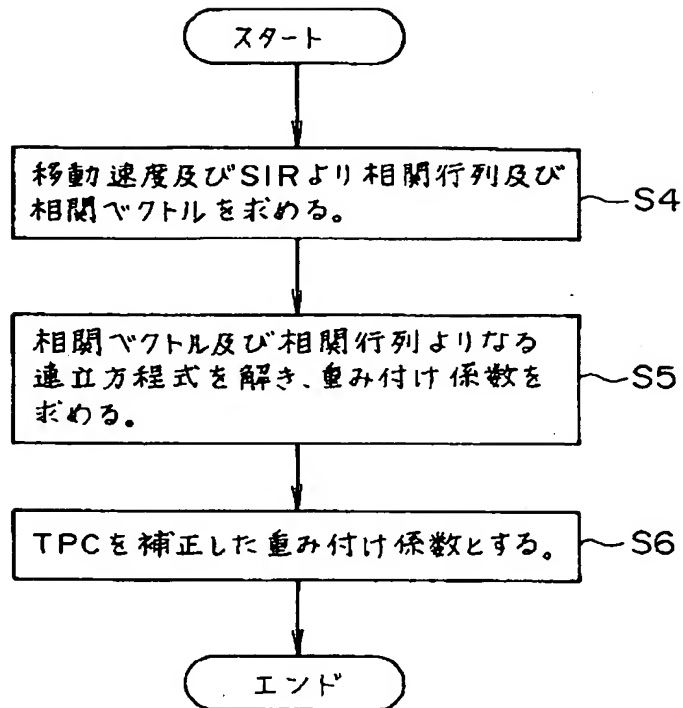
【図11】



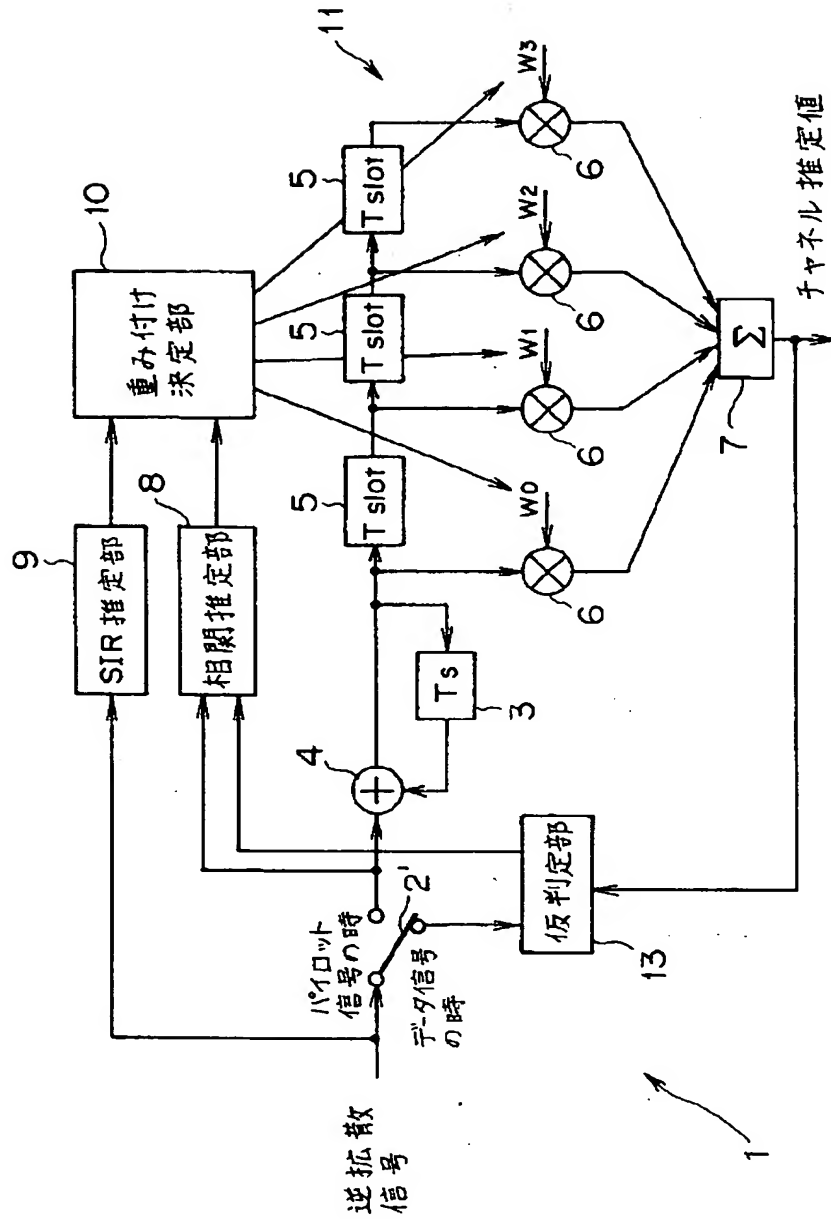
【図3】



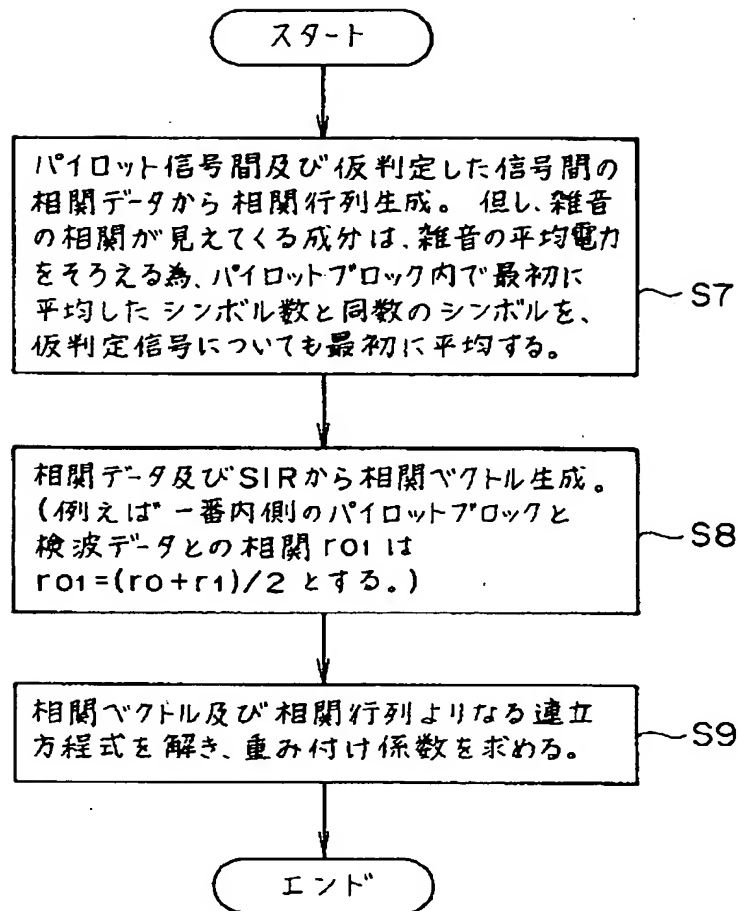
【図4】



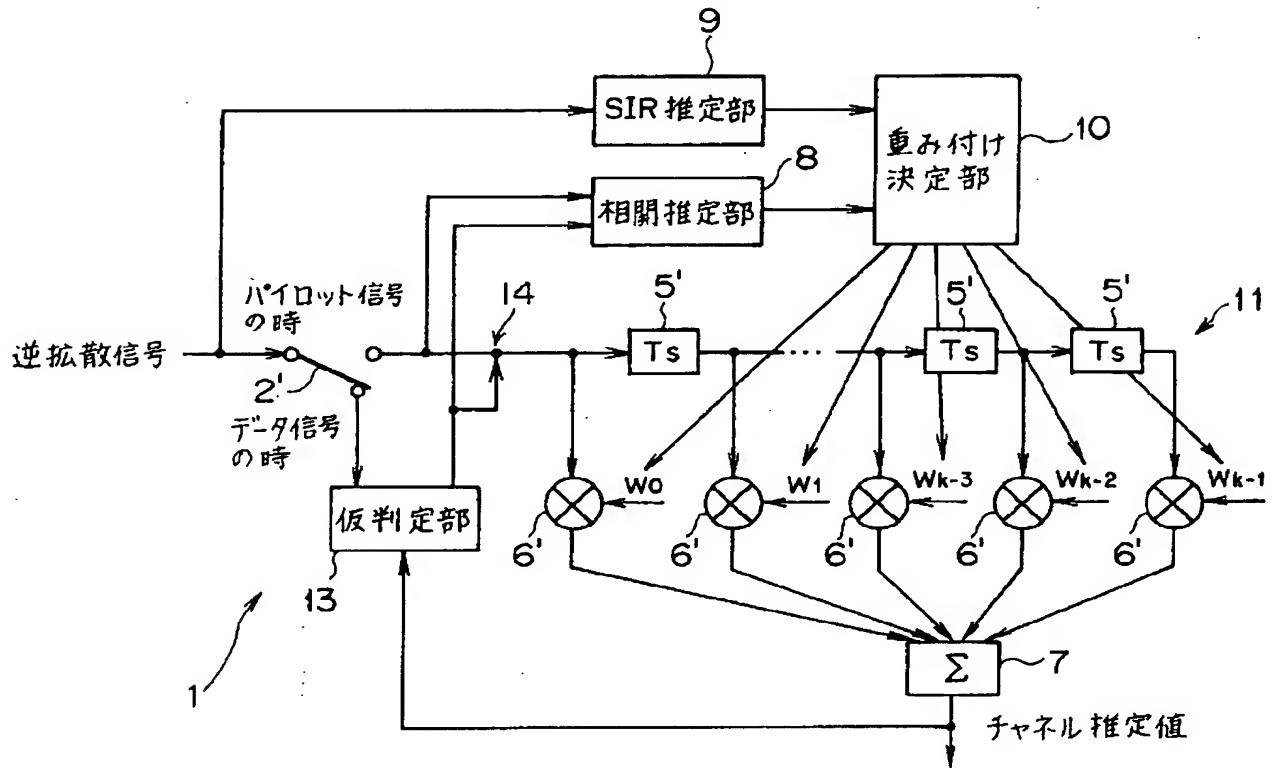
【図5】



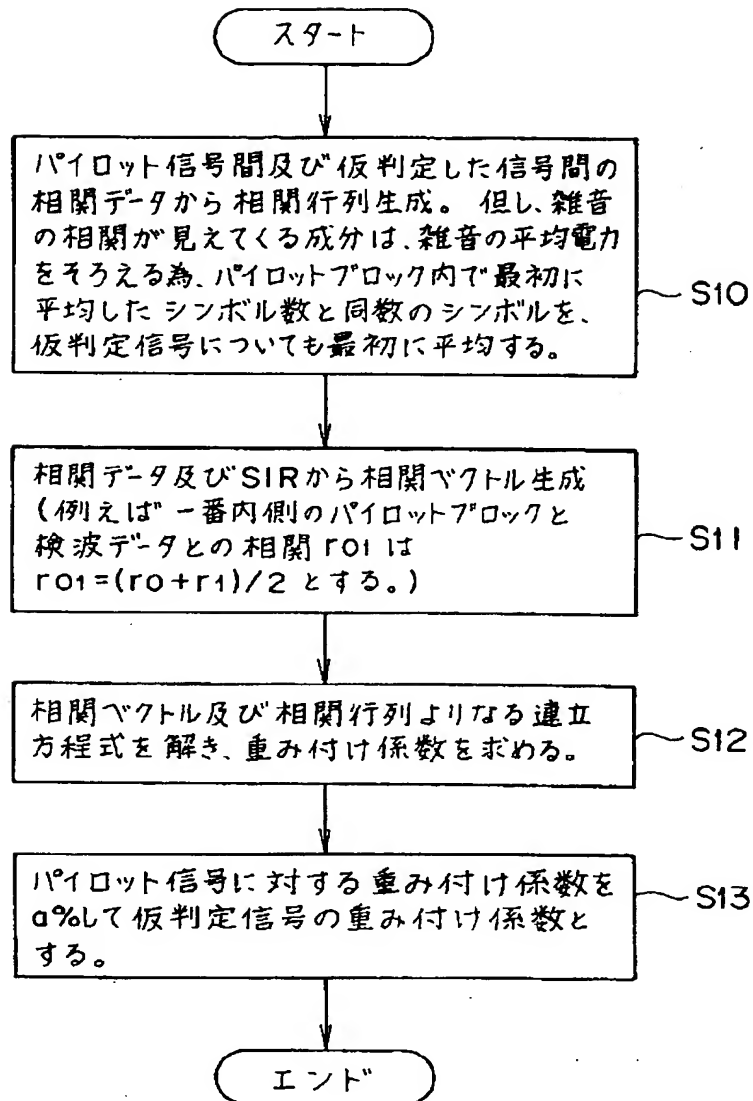
【図6】



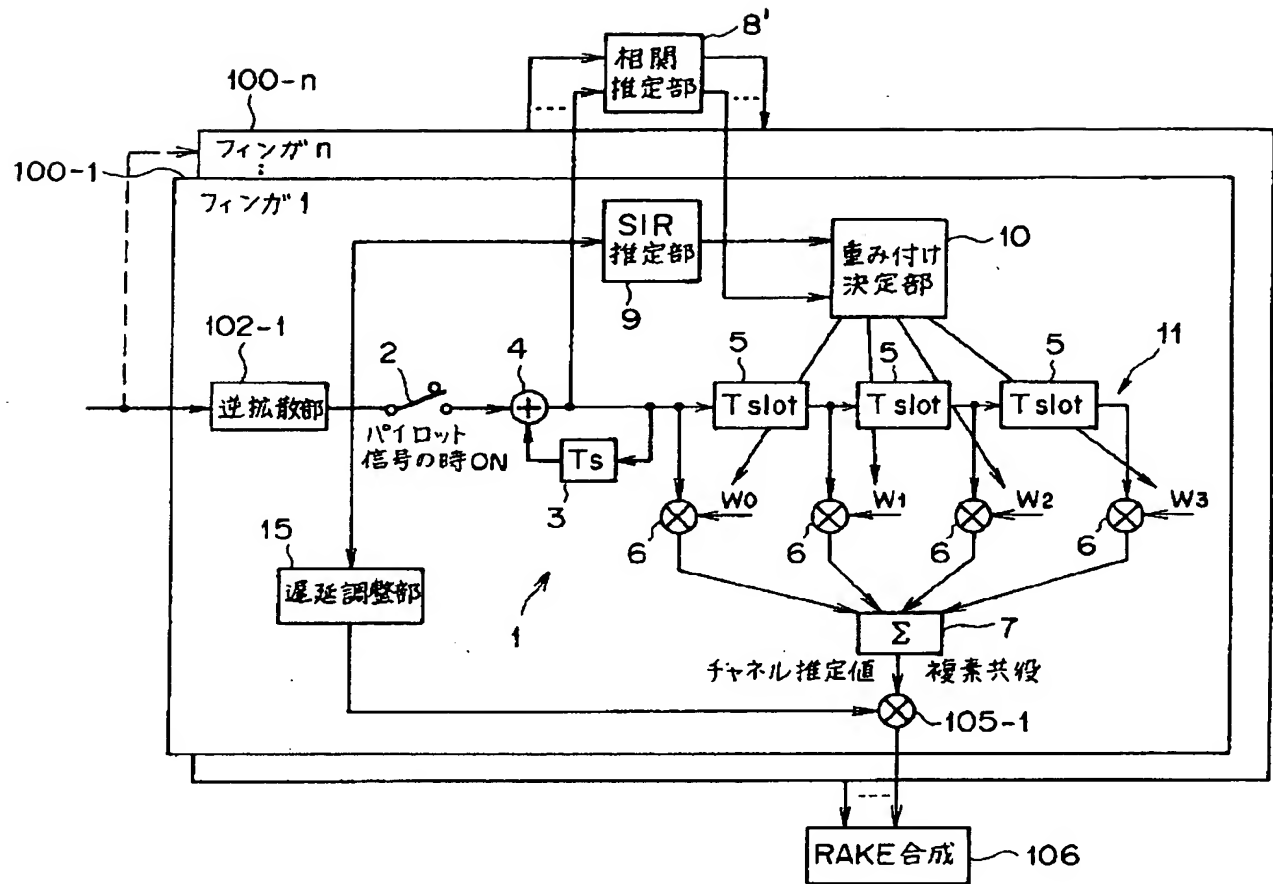
【図7】



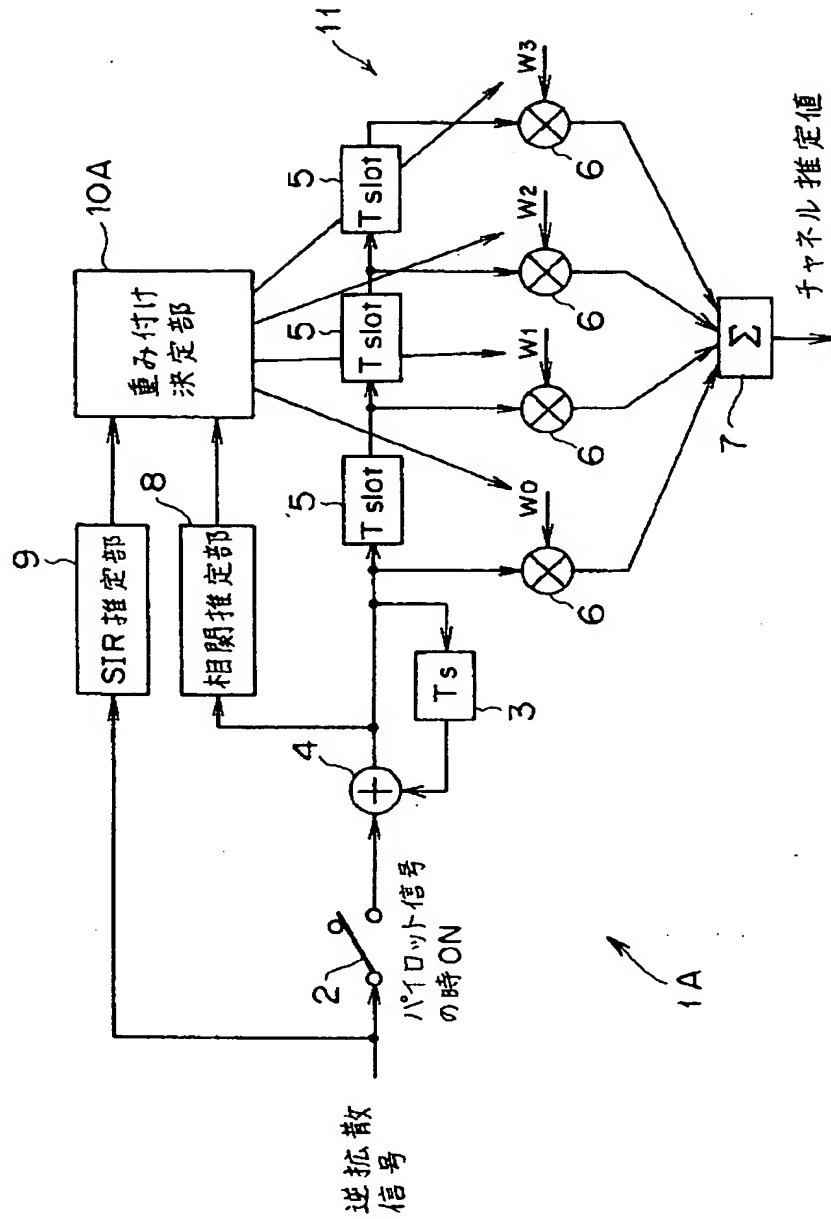
【図8】



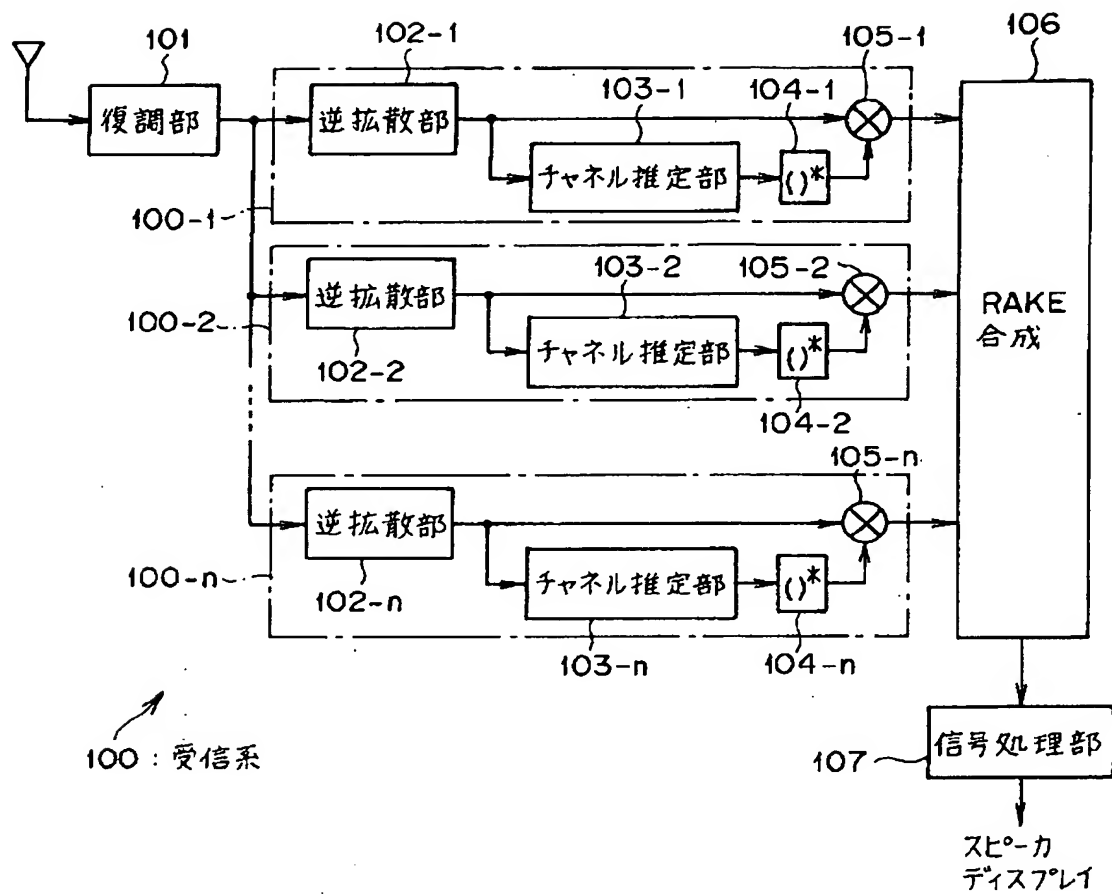
【図9】



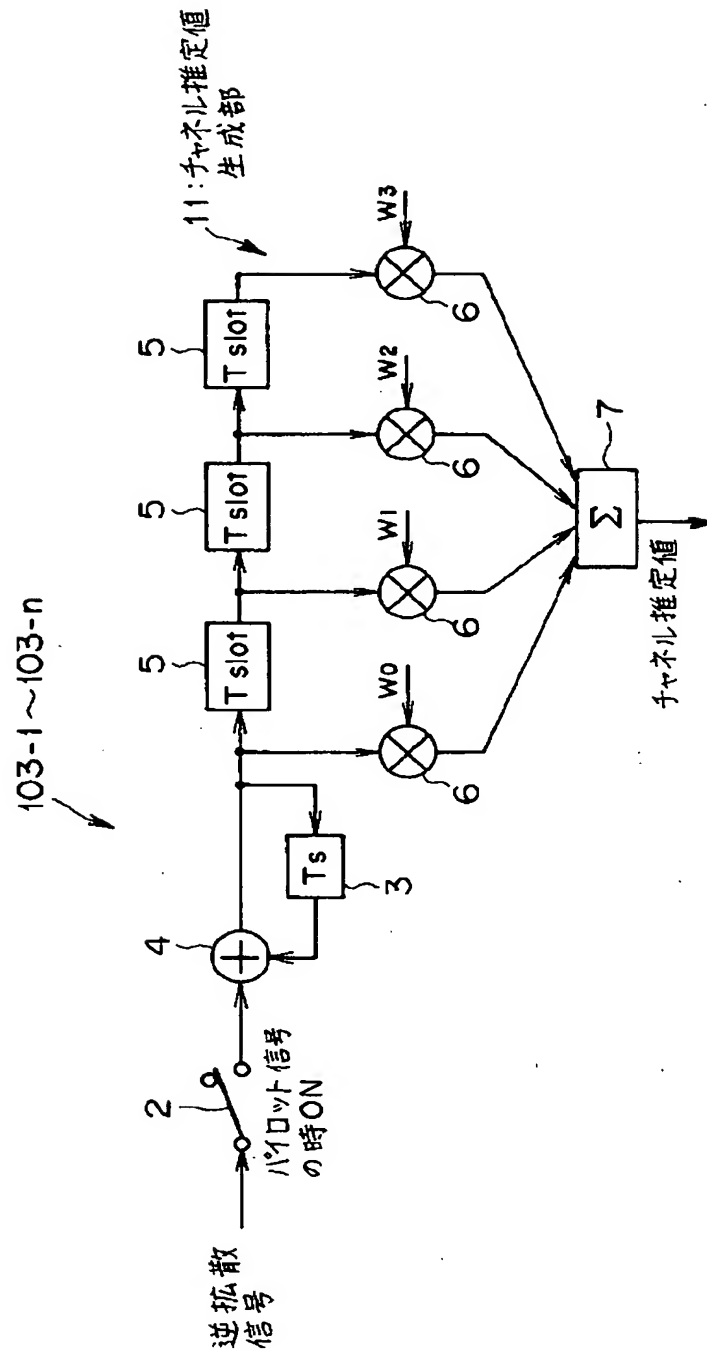
【図 10】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 松山 幸二
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72)発明者 浅野 賢彦
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 浜田 一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考)

5K004 AA05 FA05 FB00 FD06 FF00

5K022 EE02 EE13 EE35 EE36

5K052 AA02 BB08 CC06 DD03 EE38

FF29 GG03 GG19 GG20 GG42

5K059 AA08 BB08 CC03 DD33